

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕЛЕСКОПА «СИНТЕЗ» В КРАО РАН

С. В. Назаров¹, А. С. Харченко², А. С. Кривенко¹

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН,* ²*АО ЦНТЭЭ*

В 1978 г. в Крымской астрофизической обсерватории был введен в строй передовой по тем временам телескоп «Синтез». Целью создания экспериментального телескопа была отработка технологий создания сегментированной оптики, а также системы контроля пространственного положения зеркал, в том числе и с возможностью компенсации турбулентности в земной атмосфере благодаря быстрым подвижкам каждого зеркала по двум осям.

В начале 2018 г. было принято решение о его восстановлении с созданием новой оптики и системы управления. В этой работе мы представляем подробное описание процесса восстановления, модернизации телескопа и первые результаты.

MODERNIZATION OF THE TELESCOPE "SINTEZ" AT THE CRAO RAS

S. V. Nazarov¹, A. S. Kharchenko², A. S. Krivenko¹

¹*Crimean astrophysical observatory RAS,* ²*CNTEE*

In 1978, at the Crimean Astrophysical Observatory, the «Sintez» telescope, was put into operation. The goal of creating of this experimental telescope was to develop technologies for creating segmented optics, as well as a system for controlling the spatial position of mirrors, including the ability to compensate for turbulence in the Earth's atmosphere thanks to the fast movements of each mirror along two axes.

At the beginning of 2018, a decision was made to restore it with the creation of a new optics and control system. In this work, we present a detailed description of the telescope restoration and upgrade process and the first results.

Введение

В 1978 г. в Крымской астрофизической обсерватории был введен в строй экспериментальный телескоп «Синтез» (он же АСТ-1200). Установлен он в павильоне с откатной крышей на экваториальной монтировке вилочного типа. Оптика выполнена по кассегреновской схеме с тонким ситалловым сегментированным главным зеркалом. Оно состоит из шести одинаковых подвижных шестиугольных сегментов и одного центрального неподвижного диаметрами по 40 см [1].

Цель эксперимента — выяснить принципиальную возможность постройки больших по диаметру зеркал, чем зеркало крупнейшего в мире (на тот момент) телескопа БТА в САО.

Основные цели строительства «Синтеза» перечислены ниже.

1. Отработка технологии создания сегментированной оптики для облегчения конструкции главного зеркала.
2. Создание системы высокоточного контроля пространственного положения зеркал, в том числе и с возможностью компенсации турбулентности в земной атмосфере благодаря быстрым подвижкам каждого зеркала по двум осям [2].

С середины 1980-х до 2018 г. телескоп находился на консервации. Анализ его состояния выявил хорошую сохранность и лишь незначительные повреждения, образовавшиеся за 35 лет хранения. Однако электронные системы управления монтировкой, сельсинами и позиционированием зеркал устарели и морально, и физически. Современные устройства точной установки сегментов превышают финансовые возможности, а их поставка затруднена в связи с санкциями. Опыт собственного производства подобной техники отсутствует.

В связи с этим было принято решение о создании фактически нового телескопа на базе существующей механической системы (павильон, вилка, приводы и труба). К началу 2021 г. удалось реализовать ряд технических и программных решений, позволивших начать эксплуатацию «Синтеза» на базе временного телескопа.

Научные задачи: фотометрия и астрометрия широкого круга объектов, алертные наблюдения (в частности, послесвечений гамма-всплесков), поисковые работы (новые и сверхновые, килоновые, транзиенты и др.).

Аппаратное устройство системы

Временный телескоп:

1. Рефлектор Ньютона 1765/350, гид 60 мм.
2. Две камеры (основная QHY9 и гидирующая QHY5).
3. Электрофокусер на базе Arduino.
4. Колесо фильтров Starlight Xpress 7x1.25".

Монтировка телескопа «Синтез» экваториальная вилочная, два идентичных привода, в состав которых входят следующие компоненты:

1. Двигатель грубого движения, ДПТ 110 В, 750 Вт, 2500 об/мин, момент инерции $0.52 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.
2. Двигатель тонкого движения, ДПТ 110 В, 250 Вт, 3000 об/мин, момент инерции $0.098 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.
3. Шаговый двигатель часового ведения, 27 В, 6.3 А.
4. Электромагнитный тормоз вала двигателя грубого движения.
5. Сельсин-датчик грубого наведения, один оборот соответствует одному обороту телескопа.
6. Сельсин-датчик точного наведения, один оборот соответствует одному градусу перемещения телескопа.
7. Дополнительно на каждую ось установлен 12-битный абсолютный энкодер ЛИР ДА 119-А, который используется вместо грубого сельсина.

Для управления приводами и датчиками разработан модуль движения, состоящий

- из драйвера двигателя постоянного тока на 110 В, 10–15 А — 2 шт.;
- драйвера шагового двигателя на 27 В, 15 А, аналогичный драйверу ДПТ, — 1 шт.;
- контроллера движения на процессоре STM32F103, включающего в себя:

- два интерфейса RS-485 с гальванической развязкой;
- аналоговую часть для подключения сельсина;
- пять дискретных выходов изолированных;
- восемь дискретных входов изолированных;
- выходы для управления двигателями и входы датчиков тока;
- питание 18–36 В изолированное;
- встроенное ПО для управления по протоколу Modbus/RTU с автономным выполнением функции движения с заданной скоростью в заданную координату, разгона и торможения с учетом ограничений.

Программное обеспечение

При проектировании системы было решено использовать открытые и стандартные протоколы. В настоящее время общение астрономических программ с аппаратурой «Синтез» происходит по стандарту ASCOM при помощи драйверов собственной разработки. Также для ручного управления, настройки и отладки написана отдельная программа. В частности, с помощью этой программы задаются границы перемещений телескопа, параметры регулятора, управляющего двигателями монтировки, а также доступны для просмотра показания всех датчиков и внутренние переменные контроллера.

Для управления телескопом с любого из компьютеров локальной сети «Синтез» использована новая разработка ASCOM Remote, позволяющая организовать доступ к ASCOM-устройствам по сети с использованием протокола ASCOM Alpaсa.

В настоящее время наблюдения производятся следующим образом:

1. Открывается крыша (с помощью ASCOMPad или NINA).
2. Включается питание монтировки (ASCOMPad).
3. Телескоп распарковывается и наводится на произвольную точку на небе (NINA или Cartes du Ciel).
4. Включается часовое ведение.
5. Получается пробный кадр.
6. Делается астрометрия полученного кадра с помощью astrometry.net или локального софтвера.
7. Выполняется синхронизация телескопа с полученными координатами.
8. Телескоп наводится на объект наблюдения.
9. Включается гидирование (PhD2).
10. Производится съемка наблюдаемого объекта (NINA).
11. Телескоп наводится на следующий объект.

Для управления двигателями монтировки разработан специальный программный регулятор, обеспечивающий точное позиционирование монтировки за небольшое время.

При эксплуатации системы было обнаружено, что углы поворота, измеренные энкодером и точным сельсином, отличаются на величину до 2°, что не позволяет однозначно

определять координаты телескопа. Предположительно источником ошибки является крепление энкодера на оси телескопа либо деформация самой оси. В настоящее время идет работа по подключению второго (грубого) сельсина и измерению положения телескопа с его помощью. Для компенсации ошибки наведения перед началом наблюдений производится астрометрия пробного кадра и вносятся поправки (с помощью функции синхронизации, реализованной в драйвере монтировки).

Первые наблюдения

Осенью 2020 г. в качестве пробной научной задачи была начата систематическая съемка по программе астрометрических наблюдений спутников Урана и Нептуна совместно с ГАО РАН. Приемником является камера QHY-9 на сенсоре KAF 8300M, размер пикселя 5.4 мкм, масштаб 630 mas/pix, рабочее поле $35 \times 26'$. Типичное время накопления 45 с.

Часть наблюдений проводилась с включенным в экспериментальном режиме автогидом на базе малого рефрактора 50/183 мм и камеры QHY5L-II-M. Автогидирование позволило компенсировать периодику по оси альфа на масштабах в 180 с.

К началу декабря 2020 г. удалось провести более 170 наблюдений спутников Нептуна и 500 спутников Урана. Проницание составило 19^m , астрометрические ошибки около 50 mas.

Перспективы

Планируется наладить работу колеса фотометрических фильтров, увеличить диапазон доступных выдержек, написать драйверы монтировки и крышки для распространенного стандарта INDI (Linux), определить области безопасных перемещений телескопа, отработать взаимодействие с погодной станцией, настроить автоматическую астрометрию кадров, сделать систему бесперебойного питания для всех устройств, реализовать автоматическое восстановление работоспособности системы при сбоях.

Ориентировочные сроки: полная автоматизация телескопа — 2022 г., создание нового метрового зеркала — 2023–2024 гг.

Предполагаемая оптическая система главного телескопа — цельное параболическое или гиперболическое главное зеркало с корректором и приемником в прямом фокусе с аберрациями, укладывающимися в пиксель 9 мкм на поле зрения не менее $30 \times 30'$.

Главным преимуществом этого инструмента станет полная автоматизация: начало и завершение наблюдений по сигналам от метеодатчиков, возможность работы как по заранее заданному списку задач и алертам, так и онлайн-взаимодействие с веб-интерфейсом для удаленного доступа к телескопу коллег из других организаций.

Библиографические ссылки

- [1] *Ustinov N. D., Vasilev A. S., Vysotskii Iu. P. et al.* AST-1200 astronomical telescope having a sectional main mirror // *Optiko Mekhanicheskaja Promyshlennost.* — 1985. — Vol. 52. — P. 22–25.
- [2] *Basov N. G., Dimov N. A., Gvozdev M. I. et al.* New Astronomical Telescope AST-1200 with a Segmented Actively Controlled Primary Mirror // *The MMT and the Future of Ground-Based Astronomy.* — 1979. — Vol. 385. — P. 185.